

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-118981

(43)Date of publication of application : 19.04.2002

(51)Int.Cl.

H02J 7/34  
B60L 1/00  
B60L 11/18  
H01M 8/00  
H01M 8/04  
H02J 1/00  
H02J 1/10

(21)Application number : 2000-304595

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 04.10.2000

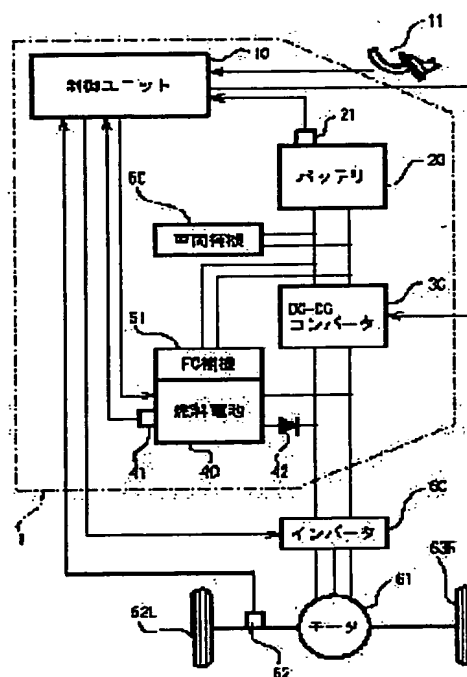
(72)Inventor : SUGIURA HIROSHI  
ISHIKAWA TETSUHIRO  
WATANABE NOBUO  
MANABE KOUTA

(54) DC POWER SUPPLY HAVING FUEL CELL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve output of power supply system, in which both a fuel cell and a battery are used.

SOLUTION: A fuel cell 40 is connected in parallel with a battery 20 to constitute a power supply system 1. A DC-DC converter 30 is connected to the battery 20 side. The maximum output ratio of the fuel cell 40 to the battery 20 is set with the former occupying a range of 65 to 80% of the total output. This structure makes it possible to suppress losses in the DC-DC converter and to achieve high energy efficiency.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] They are the DC power supply which are DC power supply and are equipped with the fuel cell connected to the terminal and this terminal of the lot which outputs power, the capacitor in which charge and discharge are possible, and a DC-DC converter and by which said capacitor was connected to said terminal through said DC-DC converter at said fuel cell and juxtaposition.

[Claim 2] The maximum output of said fuel cell is DC power supply [ higher than the maximum output of said capacitor ] according to claim 1.

[Claim 3] DC power supply which some fuel cell auxiliary machinery [ at least ] with which is DC power supply according to claim 1, and operation of said fuel cell is presented used said capacitor as the power source, without going via said DC-DC converter, and were connected possible [ operation ].

[Claim 4] DC power supply equipped with the armature-voltage control section which is DC power supply according to claim 1, and controls the output voltage of a DC-DC converter to become an electrical-potential-difference value equivalent to the output voltage of said fuel cell.

[Claim 5] DC power supply equipped with the armature-voltage control section which is DC power supply according to claim 1, and controls the output voltage of said DC-DC converter to become the predetermined electrical potential difference which can consider this input and capacitor side for said said fuel cell or terminal side as an output, and can charge this capacitor at the time of charge of said capacitor.

[Claim 6] Said capacitors are DC power supply according to claim 1 which are rechargeable batteries.

[Claim 7] It is the car by which it was the car which makes a motor the source of power, and it had the DC power supply which supply power to this motor, and the drive circuit which drives this motor with this power, said DC power supply were equipped with the fuel cell connected to the terminal and this terminal of the lot which outputs power, the capacitor in which charge and discharge are possible, and the DC-DC converter, and said capacitor was connected to said terminal through said DC-DC converter at said fuel cell and juxtaposition.

[Claim 8] The car which some car auxiliary machinery [ at least ] with which is cars according to claim 7 and operation of said car is presented used said capacitor as the power source, without going via said DC-DC converter, and was connected possible [ operation ].

[Claim 9] It is the output method of a direct current using the fuel cell and the capacitor in which charge and discharge are possible which were connected to juxtaposition at the output terminal (a). Process which operates said fuel cell so that predetermined output voltage may be obtained (b) Output method equipped with the process which changes the electrical potential difference of said capacitor into an electrical-potential-difference value equivalent to said output voltage, and impresses it to said output terminal with a DC-DC converter.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]****[Field of the Invention]** This invention relates to the DC power supply which used the fuel cell.**[0002]****[Description of the Prior Art]** In recent years, the fuel cell attracts attention as a power source which is excellent in operation effectiveness and environment nature. A fuel cell is equipment generated according to the electrochemical reaction of hydrogen and oxygen. A fuel cell controls the amount of supply of fuel gas, and outputs the power according to a demand. In a fuel cell, it may originate in the response delay of gas supply volume, and the responsibility of output power may become low. The technique which connects a fuel cell and a dc-battery to juxtaposition, and constitutes a power source as one means to avoid this evil is proposed. For example, with the technique given in JP,2000-12059,A, concomitant use of a dc-battery and a fuel cell is aimed at by changing the output voltage of a fuel cell with a DC-DC converter.**[0003]****[Problem(s) to be Solved by the Invention]** However, the further improvement of the power efficiency of power was desired about the above-mentioned configuration. This invention aims at offering the technique which improves further the power efficiency of the DC power supply which use together a fuel cell and the capacitor in which charge and discharge are possible.**[0004]****[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness]** In order to solve the above-mentioned technical problem, when DC power supply were constituted from this invention using the terminal of the lot which outputs power, the fuel cell connected to the terminal, the capacitor in which charge and discharge are possible, and a DC-DC converter, the capacitor was connected to the terminal through the DC-DC converter at a fuel cell and juxtaposition. The power of a capacitor is outputted through a DC-DC converter to the direct output of the power of a fuel cell being carried out from a terminal.**[0005]** Usually, in a DC-DC converter, loss of power arises by electrical-potential-difference conversion. In this invention, the loss over the output of a fuel cell is avoidable by forming a DC-DC converter in a capacitor side. Usually in the power source which uses a fuel cell and a capacitor together, power is supplied mainly from a fuel cell. Therefore, the power efficiency of the whole power source can be improved by avoiding loss with a fuel cell with high operating frequency. The viewpoint that the operating frequency of a fuel cell is high to this invention is effective especially when the maximum output of a fuel cell is higher than the maximum output of a capacitor.**[0006]** In this invention, it is desirable to connect some fuel cell auxiliary machinery [ at least ] with which operation of a fuel cell is presented possible [ operation ] by using a capacitor as a power source, without going via said DC-DC converter. With fuel cell auxiliary machinery, various devices according to the system configuration of a fuel cell, such as a heater which is needed in order to extract hydrogen from the pump for supplying fuel gas and a hydrogen storing metal alloy, and a reforming machine

which reforms the raw material of a methanol and others and manufactures fuel gas, are contained. According to the above-mentioned configuration, power can be supplied to fuel cell auxiliary machinery from a capacitor. Since this power is supplied without going via a DC-DC converter, even when a DC-DC converter breaks down, it is convenient to supply of power. That is, the drive of fuel cell auxiliary machinery, as a result operation of a fuel cell can be guaranteed also in the time of failure of a DC-DC converter. Since operation of fuel cell auxiliary machinery is guaranteed even when a fuel cell cannot fully generate electricity by non-warming up especially, warming up of the fuel cell is carried out, and it becomes possible to start. This invention is not restricted to the configuration which connects all fuel cell auxiliary machinery to a capacitor. For example, fuel cell auxiliary machinery required for warming up of a fuel cell may be connected to a capacitor, and other fuel cell auxiliary machinery may be connected to a fuel cell.

[0007] In this invention, it is desirable to control the output voltage of a DC-DC converter to become an electrical-potential-difference value equivalent to the output voltage of a fuel cell. It becomes possible to compensate the response delay of the fuel cell output to demand power with a capacitor, to be stabilized, and to output power by this control.

[0008] In this invention, it is also desirable to control the output voltage of said DC-DC converter to become the predetermined electrical potential difference which can consider a fuel cell or terminal side as an input, and can consider a capacitor side as an output, and can charge a capacitor at the time of charge of a capacitor. A capacitor can be charged by this control. A fixed value is sufficient as the electrical potential difference impressed to a capacitor, and it may be fluctuated according to the power at the time of charge.

[0009] As for a capacitor, in this invention, considering as a rechargeable battery is desirable. It is also possible to use the equipment in which the charge and discharge of a capacitor and others are possible.

[0010] This invention is constituted as DC power supply, and also it can consist of various modes. For example, it can constitute as a car which makes the motor driven by the DC power supply mentioned above the source of power. In this car, car auxiliary machinery may be connected possible [ operation ] by using a capacitor as a power source, without going via a DC-DC converter. An oil pump, a lighting device, air-conditioning equipment, etc. are contained in car auxiliary machinery. If it carries out like this, operation of car auxiliary machinery can be guaranteed also in the time of DC-DC converter failure.

[0011] In addition to this, this invention may be constituted as an output method of a direct current using the fuel cell and the capacitor in which charge and discharge are possible which were connected to juxtaposition at the output terminal.

[0012]

[Embodiment of the Invention] About the gestalt of operation of this invention, the example applied to the hybrid car is divided into the following items, and is explained.

A. configuration [ of equipment ]: -- B. power control processing: -- setting [ of C. power ratio ]: -- D. effectiveness: [0013] A. The configuration of equipment : drawing 1 is the explanatory view showing the configuration of the car carrying the power-source system as an example. This car runs the synchronous motor 61 connected with Wheels 63L and 63R as a source of driving force. The power source of a synchronous motor 61 is the power-source system 1. The direct current outputted from the power-source system 1 is changed into the three-phase alternating current with an inverter 60, and is supplied to a synchronous motor 61. A synchronous motor 61 can also function as a generator at the time of braking.

[0014] The power-source system 1 consists of a fuel cell 40, a dc-battery 20, a DC-DC converter, etc. A fuel cell 40 is equipment generated according to the electrochemical reaction of hydrogen and oxygen. In this example, the fuel cell of a solid-state macromolecule mold was used. The fuel cell of various types, such as a phosphoric acid mold and a melting carbonate mold, is applicable not only to this but the fuel cell 40. The hydrogen gas used for a generation of electrical energy reforms raw materials, such as alcohol, and is generated. In this example, a fuel cell 40 is called including the stack which generates electricity, the reforming machine which generates fuel gas. In addition, it is also possible to replace

with a reforming machine and to take the configuration which stores hydrogen gas itself using a hydrogen storing metal alloy, a hydrogen bomb, etc.

[0015] A dc-battery 20 is a rechargeable battery in which charge and discharge are possible. A nickel-hydrogen battery shall be used in this example. In addition, the rechargeable battery of various types is applicable. Moreover, it may replace with a dc-battery 20 and the capacitor in which charges and discharges other than a rechargeable battery are possible, for example, a capacitor, may be used.

[0016] Parallel connection of a fuel cell 40 and the dc-battery 20 is carried out to the inverter 60. The diode 42 for preventing that the current generated by the current or synchronous motor 61 from a dc-battery 20 flows backwards is formed in the circuit from a fuel cell 40 to an inverter 60. In order to use properly the power of the power source connected to juxtaposition appropriately, it is necessary to control both relative electrical-potential-difference difference. In this example, DC-DC converter 30 is formed between the dc-battery 20 and the inverter 60 from this purpose. DC-DC converter 30 is the electrical-potential-difference converter of a direct current. DC-DC converter 30 does so the function which adjusts DC electrical potential difference inputted from the function, the fuel cell 40, or motor 61 which adjusts DC electrical potential difference inputted from the dc-battery 20, and is outputted to an inverter 60 side, and is outputted to a dc-battery 20. The charge and discharge of a dc-battery 20 are realized by the function of DC-DC converter 30.

[0017] Between the dc-battery 20 and DC-DC converter 30, the car auxiliary machinery 50 and the FC auxiliary machinery 51 are connected. That is, a dc-battery 20 serves as a power source of such auxiliary machinery. In the car auxiliary machinery 50, the various power devices used at the time of operation of a car are said, and a lighting device, air-conditioning equipment, a hydraulic pump, etc. are contained. In the FC auxiliary machinery 51, the various power devices used for operation of a fuel cell 40 are said, and the heater which adjusts the temperature of the pump for supplying fuel gas and a reforming raw material and a reforming machine is contained.

[0018] Operation of each element mentioned above is controlled by the control unit 10. The control unit 10 is constituted as a microcomputer which equipped the interior with CPU, RAM, and ROM. A control unit 10 controls switching of an inverter 60, and outputs the three-phase alternating current according to demand power to a synchronous motor 61. Operation of a fuel cell 40 and DC-DC converter 30 is controlled so that the power according to demand power is supplied.

[0019] In order to realize these control, various sensor signals are inputted into a control unit 10. The accelerator pedal sensor 11, the SOC sensor 21 which detects the charge condition SOC of a dc-battery 20 (State Of Charge), the flow rate sensor 41 which detects the quantity of gas flow of a fuel cell 40, and the speed sensor 62 which detects the vehicle speed are contained in these sensors. Illustration was omitted about the other sensors connected to a control unit 10.

[0020] B. Power control processing : drawing 2 is the flow chart of the power control processing at the time of transit. When a control unit 10 repeats and performs this processing with other control processings, it can control and run the drive of a motor 61.

[0021] In this processing, a control unit 10 sets up the demand power  $E_{req}$  to a fuel cell 40 (step S10). Power  $E_{req}$  is found by the sum of three elements of the transit demand power  $E_d$ , the charge-and-discharge power  $E_b$ , and the auxiliary machinery power  $E_s$ .

[0022] In order that a car may run, the transit demand power  $E_d$  is the power which should be supplied to a motor 61, and is found in the following procedure. First, a control unit 10 sets up the target rotational frequency of a motor 61, and target torque. These values are given on the table of accelerator pedal opening and the vehicle speed. Both product serves as power which should be outputted from a motor 61. The transit demand power  $E_d$  is found by  $**(\text{ing})$  this power by the operation effectiveness of a motor 61, and the ratio of the power outputted to per power consumption. Since target torque serves as a negative value in case a motor 61 is operated as a generator and carries out regenerative braking, the transit demand power  $E_d$  also serves as a negative value.

[0023] The charge-and-discharge power  $E_b$  is the power accompanying the charge and discharge of a dc-battery 20. The charge condition SOC of a dc-battery 20 is controlled to be maintained at the predetermined range. If SOC becomes lower than a predetermined lower limit, charge to a dc-battery 20

will be performed. The charge-and-discharge power  $E_b$  serves as a positive value according to the power which is needed for charge. Consequently, the demand power  $E_{req}$  increases with charge of a dc-battery 20. On the other hand, if SOC becomes higher than a predetermined upper limit, discharge from a dc-battery 20 will be performed. The charge-and-discharge power  $E_b$  serves as a negative value according to discharge power. By discharge from a dc-battery 20, the demand power  $E_{req}$  becomes low.

[0024] The auxiliary machinery power  $E_s$  is power taken to drive the car auxiliary machinery 50 and the FC auxiliary machinery 51. According to both operational status, it is set up, respectively.

[0025] A control unit 10 sets up the output voltage of a fuel cell 40 so that the demand power  $E_{req}$  set up at step S10 may be outputted, and it controls the quantity of gas flow of a fuel cell 40 (step S12). An electrical potential difference is set up on the following map. Drawing 3 is the explanatory view showing the output characteristics of a fuel cell 40. The relation between power and a current was shown in the upper case, and an electrical potential difference and the relation of a current were shown in the lower berth.

[0026] The output characteristics of a fuel cell 40 are changed according to the quantity of gas flow supplied. As for the curve Af1 of the lower berth, the quantity of gas flow shows the high condition, as for the condition that a quantity of gas flow is low, and the curve Af2. When a quantity of gas flow is low, the point with which an electrical potential difference begins to fall shifts to a low current side.

[0027] Based on a power-current characteristic map (upper case), the current  $I_{fc}$  according to the demand power  $E_{req}$  can be searched for. Moreover, it can ask for the electrical potential difference  $V_{fc}$  according to Current  $I_{fc}$  based on a voltage-current property map (lower berth). The quantity of gas flow of a fuel cell 40 is low, and when the power demanded with sufficient electrical-potential-difference value must have been outputted, based on these property maps, the desired value of a quantity of gas flow is also set up collectively.

[0028] Next, a control unit 10 sets up the output voltage of a DC-DC converter (step S14). When the charge-and-discharge power  $E_b$  is negative when discharging a dc-battery 20 namely, a dc-battery 20 side is considered as an input, it considers an inverter 60 side as an output, and an output voltage value is made in agreement with the output voltage value of a fuel cell 40. An inverter 60 side is considered as an input and it considers a dc-battery 20 side as an output, when the charge-and-discharge power  $E_b$  is forward when charging a dc-battery 20 namely. Let an output voltage value be a predetermined value suitable for charge of a dc-battery 20. This predetermined value may be fluctuated according to the power good [ as constant value ] and charging.

[0029] To become the set-up output voltage, a control unit 10 controls and combines a DC-DC converter, and it controls an inverter 60 so that demand power is supplied to a synchronous motor 61 (step S16). From a fuel cell 40, the power according to a quantity of gas flow is outputted with switching of an inverter 60. Moreover, from a dc-battery 20, the charge and discharge of the power according to the difference of the power outputted from a fuel cell 40 and the power consumed with an inverter 60 are carried out. For example, when response delay is in the output of a fuel cell 40, a part not to fulfill the demand power  $E_{req}$  is compensated by the dc-battery 20. The output of a fuel cell 40 takes the output from a dc-battery 20 for approaching the demand power  $E_{req}$ , and reduces it gradually. By the above-mentioned control, power can be supplied by high responsibility.

[0030] The power from a dc-battery 20 is guaranteed to the car auxiliary machinery 50 and the FC auxiliary machinery 51 at least. At the time of charge of a dc-battery 20, a fuel cell 40 or the power from a synchronous motor 61 may be supplied to such auxiliary machinery.

[0031] C. A setup of a power ratio : in this example, use a fuel cell 40 as a main power supply, and use a dc-battery 20 as an auxiliary power source which compensates the response delay of a fuel cell 40 as above-mentioned power control explained. The energy efficiency of the car under this premise is changed by the power ratio of a fuel cell 40 and a dc-battery 20. In this example, in order to realize high energy efficiency, the power ratio was set up in the procedure shown below at the time of a system design.

[0032] Drawing 4 is process drawing showing the setting approach of the power ratio of a fuel cell and a dc-battery. First, the maximum output of the motor carried in a car is set up (step S20). It can set up

based on the weight of a car, the target maximum vehicle speed, acceleration, etc. Next, the maximum demand power is set up by **\*\***(ing) the maximum output set up in this way at the operation effectiveness of a motor (step S22). It may combine with the output of a motor and the power consumption in auxiliary machinery may be taken into consideration. In order to fully utilize the capacity of a motor, the maximum output total value of a fuel cell 40 and a dc-battery 20 needs to be more than this maximum demand power.

[0033] On the other hand, the lower limit of the power ratio of a fuel cell 40 and a dc-battery 20 and a upper limit are set up based on the predetermined criteria of representing the run state of a car. A power ratio means "the maximum output of the maximum output/dc-battery of a fuel cell." For example, a lower limit can be set up based on the continuation round-of-visits engine performance (step S24). As an example, the car weight of 2000kg and the car of 80% of motor efficiencies are considered. If inclination and the 120km [/o'clock ] continuation round-of-visits engine performance are set up as desired value 4.5%, demand power will be computed with about 65kW. If the maximum demand power was 100kW temporarily, the power ratio which is needed since the demand power of a continuation round of visits is outputted with a fuel cell 40 is set up or more with 0.65.

[0034] The upper limit of a power ratio can be defined based on the regeneration capacity of a dc-battery (step S26). In order to fully raise the energy efficiency of a car, it is desirable to charge the power revived by the motor 61 at the time of braking at a dc-battery 20. When the capacity of a dc-battery 20 is small, decline in energy efficiency will be caused, so that regeneration power cannot be charged. For example, about the car of the car weight of 2000kg, and 80% of motor efficiencies, when operation with the 10 -15 so-called mode is performed, the maximum regeneration power at the time of moderation is computed with about 20kW. Since, as for the capacity of a dc-battery 20, 20kW is needed in order that the maximum demand power may charge 100kW, then this regeneration power temporarily, the upper limit of a power ratio is set up with 0.8.

[0035] It cannot be overemphasized that the lower limit of a power ratio and a upper limit cannot be concerned with such operational status, but many things can be set up according to the target engine performance of a car.

[0036] Next, a power ratio is set up in consideration of the energy efficiency of a car, a upper limit, and a lower limit (step S28). The following approach can estimate effectiveness.

[0037] Drawing 5 is the explanatory view showing the relation between a power ratio and a fuel consumption ratio. It is the result of simulating fluctuation of the fuel consumption at the time of changing a power ratio about the car of the car weight of 2000kg, and 80% of motor efficiencies. The result (continuous line in drawing) in the 10 -15 mode and the result (broken line in drawing) in the LA4 mode were shown. The LA4 mode is operation mode used as fuel consumption calculation criteria in the U.S. A fuel consumption ratio means the value which normalized the fuel consumption in each power ratio with the maximum fuel consumption. It turns out that a fuel consumption ratio becomes [ a power ratio ] high very much in 40% - 80% of range as illustrated.

[0038] It is the range where energy efficiency becomes high, and if 80% of upper limits of the power ratio explained previously and 65% of lower limits are taken into consideration, in this example, 65% - 80% of range is suitable for a power ratio. The output of a fuel cell 40 and a dc-battery 20 is set up so that the conditions on which a power ratio goes into this range, and the conditions from which the sum of the maximum output becomes more than the maximum demand power may be satisfied (step S30). A setup whose sum of the maximum output of a fuel cell 40 and a dc-battery 20 corresponds with the maximum demand power is the most desirable.

[0039] D. Effectiveness : according to the power-source system of this example explained above, there is an advantage which is excellent in fuel consumption by equipping a dc-battery 20 side with the DC-DC dc-battery 30. Drawing 6 is the explanatory view showing the improvement effectiveness in fuel consumption. The broken line shows the fuel consumption at the time of replacing the location of a DC-DC converter with a fuel cell side in the configuration of drawing 1 . The continuous line shows the fuel consumption in the configuration of this example. The former maximum normalized and showed fuel consumption. Fuel consumption improves about 5% of maxes by connecting a DC-DC converter to a



dc-battery side as illustrated. The reason is considered as follows.

[0040] A DC-DC converter is usually range whose effectiveness at the time of electrical-potential-difference conversion is about 90 - 95%. In this example, the fuel cell is used as a main power supply. Therefore, when a DC-DC converter is connected to a fuel cell side, loss by electrical-potential-difference conversion arises about the power of most which is outputted from a power-source system. On the other hand, loss by electrical-potential-difference conversion can be controlled by connecting a DC-DC converter to a dc-battery side with the electric energy comparatively small like this example to output.

[0041] By connecting a DC-DC converter to a dc-battery side with comparatively small electric energy, the miniaturization of a DC-DC converter, as a result the miniaturization of the whole power-source system can be attained.

[0042] In the power-source system of this example, the car auxiliary machinery 50 and the FC auxiliary machinery 51 are connected between the dc-battery 20 and DC-DC converter 30. Consequently, even if it is at the DC-DC converter's 30 failure and generation-of-electrical-energy impossible time of a fuel cell 40, the electric power supply to such auxiliary machinery is guaranteed. For example, the case where a fuel cell 40 is in the condition that generation of electrical energy sufficient by non-warming up cannot be performed is considered. In this example, with the power from a dc-battery 20, the FC auxiliary machinery 51 can be driven and warming up of a fuel cell 40 and starting can be performed. Also about the car auxiliary machinery 50, actuation can be guaranteed within the capacity of a dc-battery 20. Therefore, according to this example, the dependability of a power-source system and a car can be improved.

[0043] According to this example, optimization of the power ratio of a fuel cell 40 and a dc-battery 20 can be attained, and high energy efficiency can be realized. The system design with which are satisfied of the both sides of the engine performance and energy efficiency is realizable by setting up a power ratio in consideration of the target engine performance which specifies others, a lower limit, and an upper limit. [ effectiveness / operation ]

[0044] As mentioned above, although the various examples of this invention were explained, it cannot be overemphasized that configurations various in the range which this invention is not limited to these examples and does not deviate from the meaning can be taken. For example, this invention is applicable to the power-source system of not only a car but various devices.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-118981

(P2002-118981A)

(43) 公開日 平成14年4月19日 (2002. 4. 19)

(51)Int.CL'	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 2 J 7/34		H 0 2 J 7/34	J 5 G 0 0 3
B 6 0 L 1/00		B 6 0 L 1/00	L 5 G 0 6 5
	11/18		G 5 H 0 2 7
H 0 1 M 8/00		H 0 1 M 8/00	A 5 H 1 1 5
			Z
審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-304595 (P2000-304595)

(22) 出願日 平成12年10月4日 (2000. 10. 4)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 杉浦 浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 石川 哲浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

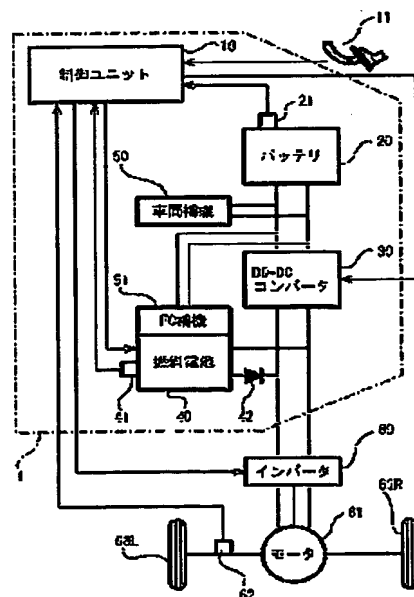
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池を有する直流電源

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池とバッテリーを併用した電源システムの出力効率を向上する。

【解決手段】 燃料電池40とバッテリー20とを並列接続して電源システム1を構成する。DC-DCコンバータ30をバッテリー20側に接続する。燃料電池40とバッテリー20との最大出力比は、前者が全体出力の65～80%になる範囲で設定する。こうすることにより、DC-DCコンバータ30での損失を抑制し、高いエネルギー効率を実現することができる。



(2)

特開2002-118981

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 直流電源であって、  
電力を出力する一組の端子と、  
該端子に接続された燃料電池と、  
充放電可能な蓄電器と、  
DC-DCコンバータとを備え、  
前記蓄電器は、前記DC-DCコンバータを介して、前  
記燃料電池と並列に、前記端子に接続された直流電源。

【請求項2】 前記燃料電池の最大出力は前記蓄電器の  
最大出力よりも高い請求項1記載の直流電源。

【請求項3】 請求項1記載の直流電源であって、  
前記燃料電池の運転に供される燃料電池補機の一部  
も一部が、前記DC-DCコンバータを経由せずに前記  
蓄電器を電源として稼働可能に接続された直流電源。

【請求項4】 請求項1記載の直流電源であって、  
前記燃料電池の出力電圧と同等の電圧値となるようにD  
C-DCコンバータの出力電圧を制御する電圧制御部を  
備える直流電源。

【請求項5】 請求項1記載の直流電源であって、  
前記蓄電器の充電時には、前記燃料電池側または前記端  
子側を入力、該蓄電器側を出力とし、かつ、該蓄電器を  
充電可能な所定の電圧となるよう前記DC-DCコンバ  
ータの出力電圧を制御する電圧制御部を備える直流電  
源。

【請求項6】 前記蓄電器は、二次電池である請求項1  
記載の直流電源。

【請求項7】 モータを動力源とする車両であって、  
該モータに電力を供給する直流電源と、  
該電力によって該モータを駆動する駆動回路とを備え、  
前記直流電源は、

電力を出力する一組の端子と、  
該端子に接続された燃料電池と、  
充放電可能な蓄電器と、  
DC-DCコンバータとを備え、  
前記蓄電器は、前記DC-DCコンバータを介して、前  
記燃料電池と並列に、前記端子に接続された車両。

【請求項8】 請求項7記載の車両であって、  
前記車両の運転に供される車両補機の一部  
も一部が、前記DC-DCコンバータを経由せずに前記蓄電器  
を電源として稼働可能に接続された車両。

【請求項9】 出力端子に並列に接続された燃料電池と  
充放電可能な蓄電器とを用いた直流電流の出力方法であ  
って、(a) 所定の出力電圧が得られるよう前記燃料  
電池を運転する工程と、(b) 前記蓄電器の電圧をD  
C-DCコンバータによって前記出力電圧と同等の電圧  
値に変換して前記出力端子に印加する工程とを備える出  
力方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池を用いた

2

直流電源に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、運転効率および環境性に優れた電  
源として燃料電池が注目されている。燃料電池とは、水  
素と酸素の電気化学反応によって発電する装置である。  
燃料電池は燃料ガスの供給量を制御して要求に応じた電  
力を出力する。燃料電池では、ガス供給量の応答遅れに  
起因して、出力電力の応答性が低くなることがある。か  
かる弊害を回避する一つの手段として、燃料電池とバッ  
テリとを並列に接続して電源を構成する技術が提案され  
ている。例えば、特開2000-12059記載の技術  
では、燃料電池の出力電圧をDC-DCコンバータで変  
換することにより、バッテリーと燃料電池の併用を図っ  
ている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記構成につ  
いては、電力の出力効率の更なる改善が望まれていた。  
本発明は、燃料電池と充放電可能な蓄電器とを併用する  
直流電源の出力効率を更に向上する技術を提供すること  
を目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上  
記課題を解決するため、本発明では、電力を出力する一  
組の端子と、端子に接続された燃料電池と、充放電可能  
な蓄電器と、DC-DCコンバータとを用いて直流電源  
を構成する際に、蓄電器を、DC-DCコンバータを介  
して、燃料電池と並列に端子に接続した。燃料電池の電  
力は、端子から直接出力されるのに対し、蓄電器の電力  
は、DC-DCコンバータを介して出力される。

【0005】通常、DC-DCコンバータでは、電圧変  
換によって電力の損失が生じる。本発明では、蓄電器側  
にDC-DCコンバータを設けることにより、燃料電池  
の出力に対する損失を回避することができる。燃料電池  
と蓄電器とを併用する電源においては、主として燃料電  
池から電力を供給するのが通常である。従って、使用頻  
度の高い燃料電池での損失を回避することにより、電源  
全体の出力効率を向上することができる。燃料電池の使  
用頻度が高いという観点から、本発明は、燃料電池の最  
大出力が蓄電器の最大出力よりも高い場合に特に有効で  
ある。

【0006】本発明においては、燃料電池の運転に供さ  
れる燃料電池補機の一部も一部が、前記DC-DC  
コンバータを経由せずに蓄電器を電源として稼働可能に  
接続されていることが望ましい。燃料電池補機とは、燃  
料ガスを供給するためのポンプ、水素吸蔵合金から水素  
を抽出するために必要となるヒータ、メタノールその他  
の原料を改質して燃料ガスを製造する改質器など、燃料  
電池のシステム構成に応じた種々の機器が含まれる。上  
記構成によれば、燃料電池補機には、蓄電器から電力を  
供給することができる。この電力はDC-DCコンバー

(3)

特開2002-118981

3

タを經由せずに供給されるため、DC-DCコンバータが故障した場合でも、電力の供給に支障はない。つまり、DC-DCコンバータの故障時でも、燃料電池補機の駆動、ひいては燃料電池の運転を保證することができ、特に、燃料電池が未暖機で十分に発電できない場合でも、燃料電池補機の運転が保證されているため、燃料電池を暖機し、始動することが可能となる。本発明は、全ての燃料電池補機を蓄電器に接続する構成には限られない、例えば、燃料電池の暖機に必要な燃料電池補機を蓄電器に接続し、その他の燃料電池補機を燃料電池に接

【0007】本発明においては、燃料電池の出力電圧と同等の電圧値となるようにDC-DCコンバータの出力電圧を制御することが望ましい。かかる制御により、要求電力に対する燃料電池出力の応答遅れを蓄電器で補償し、安定して電力を出力することが可能となる。

【0008】本発明においては、蓄電器の充電時には、燃料電池側または端子側を入力、蓄電器側を出力とし、かつ、蓄電器を充電可能な所定の電圧となるよう前記DC-DCコンバータの出力電圧を制御することも望まし

【0009】本発明において、蓄電器は、二次電池とすることが望ましい。キャパシタその他の充放電可能な装置を用いることも可能である。

【0010】本発明は、直流電源として構成する他、種々の態様で構成可能である。例えば、上述した直流電源によって駆動されるモータを動力源とする車両として構成することができる。かかる車両においては、DC-D

【0011】本発明は、その他、出力端子に並列に接続された燃料電池と充放電可能な蓄電器とを用いた直流電流の出力方法として構成しても良い。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について、ハイブリッド車両に適用した実施例を、以下の項目に分けて説明する。

- A. 装置の構成；
- B. 電力制御処理；
- C. 出力比の設定；
- D. 効果；

【0013】A. 装置の構成：図1は実施例としての電源システムを搭載した車両の構成を示す説明図である。この車両は、車輪63L、63Rに連結された同期モータ61を駆動力源として走行する。同期モータ61の電

4

源は、電源システム1である。電源システム1から出力される直流は、インバータ60で三相交流に変換され同期モータ61に供給される。同期モータ61は、制動時に発電機として機能することもできる。

【0014】電源システム1は、燃料電池40、バッテリー20、DC-DCコンバータ等から構成される。燃料電池40は、水素と酸素の電気化学反応によって発電する装置である。本実施例では、固体高分子型の燃料電池を用いた。これに限らず、燃料電池40には、薄膜型、溶融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を適用可能である。発電に利用される水素ガスは、アルコール等の原料を改質して生成される。本実施例では、発電を行うスタック、燃料ガスを生成する改質器等を含めて燃料電池40と称する。なお、改質器に代えて、水素吸蔵合金、水素ポンプなどを利用して水素ガス自体を貯蔵する構成を採ることも可能である。

【0015】バッテリー20は、充放電可能な二次電池である。本実施例では、ニッケル水素バッテリーを用いるものとした。その他、種々のタイプの二次電池を適用可能である。また、バッテリー20に代えて、二次電池以外の充放電可能な蓄電器、例えばキャパシタを用いても良い。

【0016】燃料電池40とバッテリー20とはインバータ60に並列接続されている。燃料電池40からインバータ60への回路には、バッテリー20からの電流または同期モータ61で発電された電流が逆流するのを防止するためのダイオード42が設けられている。並列に接続された電源の電力を適切に使い分けるためには、両者の相対的な電圧差を制御する必要がある。本実施例では、この目的から、バッテリー20とインバータ60との間にDC-DCコンバータ30が設けられている。DC-DCコンバータ30は直流の電圧変換器である。DC-DCコンバータ30は、バッテリー20から入力されたDC電圧を調整してインバータ60側に出力する機能、燃料電池40またはモータ61から入力されたDC電圧を調整してバッテリー20に出力する機能を奏する。DC-DCコンバータ30の機能により、バッテリー20の充放電が実現される。

【0017】バッテリー20とDC-DCコンバータ30との間には、車両補機50およびFC補機51が接続されている。つまり、バッテリー20は、これらの補機の電源となる。車両補機50とは、車両の運転時に使用される種々の電力機器を言い、照明機器、空調機器、油圧ポンプなどが含まれる。FC補機51とは、燃料電池40の運転に使用される種々の電力機器を言い、燃料ガスや改質原料を供給するためのポンプ、改質器の温度を調整するヒータ等が含まれる。

【0018】上述した各要素の運転は、制御ユニット10によって制御される。制御ユニット10は、内部にCPU、RAM、ROMを備えたマイクロコンピュータと

(4)

特開2002-118981

5

して構成されている。制御ユニット10は、インバータ60のスイッチングを制御して、要求動力に応じた三相交流を同期モータ61に出力する。要求動力に応じた電力が供給されるよう、燃料電池40およびDC-DCコンバータ30の運転を制御する。

【0019】これらの制御を實現するために、制御ユニット10には、種々のセンサ信号が入力される。これらのセンサには、例えば、アクセルペダルセンサ11、バッテリー20の充電状態SOC (State Of Charge) を検出するSOCセンサ21、燃料電池40のガス流量を検出する流量センサ41、車速を検出する車速センサ62が含まれる。制御ユニット10に接続されるその他のセンサについては、図示を省略した。

【0020】B. 電力制御処理：図2は走行時の電力制御処理のフローチャートである。制御ユニット10が他の制御処理とともに、この処理を繰り返し実行することにより、モータ61の駆動を制御し、走行することができる。

【0021】この処理では、制御ユニット10は、燃料電池40に対する要求電力 $E_{req}$ を設定する（ステップS10）。電力 $E_{req}$ は、走行要求電力 $E_d$ 、充放電電力 $E_b$ 、補機電力 $E_s$ の3要素の和で求められる。

【0022】走行要求電力 $E_d$ は、車両が走行するために、モータ61に供給すべき電力であり、次の手順で求められる。まず、制御ユニット10は、モータ61の目標回転数、目標トルクを設定する。これらの値は、アクセルペダル開度および車速のテーブルで与えられる。両者の値は、モータ61から出力すべき動力となる。この動力を、モータ61の運転効率、消費電力当りに出力される動力の比で除することにより、走行要求電力 $E_d$ が求められる。モータ61を発電機として機能させ、回生制動する際には、目標トルクが負の値となるから、走行要求電力 $E_d$ も負の値となる。

【0023】充放電電力 $E_b$ は、バッテリー20の充放電に伴う電力である。バッテリー20の充電状態SOCは、所定の範囲に保たれるよう制御される。SOCが所定の下限值よりも低くなると、バッテリー20への充電が行われる。充放電電力 $E_b$ は、充電に必要となる電力に応じた正值となる。この結果、バッテリー20の充電に伴い、要求電力 $E_{req}$ が増大する。一方、SOCが所定の上

限値よりも高くなるとバッテリー20からの放電が行われる。充放電電力 $E_b$ は、放電電力に応じた負値となる。バッテリー20からの放電によって、要求電力 $E_{req}$ が低くなる。

【0024】補機電力 $E_s$ は、車両補機50およびFC補機51を駆動するために要する電力である。両者の運転状態に応じてそれぞれ設定される。

【0025】制御ユニット10は、ステップS10で設定された要求電力 $E_{req}$ を出力するよう燃料電池40の出力電圧を設定し、燃料電池40のガス流量を制御す

6

る（ステップS12）。電圧は、次のマップにより設定される。図3は燃料電池40の出力特性を示す説明図である。上段には電力と電流との関係を示し、下段には電圧と電流の関係を示した。

【0026】供給されるガス流量に応じて燃料電池40の出力特性は変動する。下段の曲線A f1はガス流量が低い状態、曲線A f2はガス流量が高い状態を示している。ガス流量が低い場合には、電圧が低下し始めるポイントが低電流側に移行する。

【0027】電力-電流特性マップ（上段）に基づき、要求電力 $E_{req}$ に応じた電流 $I_{fc}$ を求めることができる。また、電圧-電流特性マップ（下段）に基づき、電流 $I_{fc}$ に応じた電圧 $V_{fc}$ を求めることができる。燃料電池40のガス流量が低く、十分な電圧値で要求された電力を出力し得ない場合には、これらの特性マップに基づきガス流量の目標値も併せて設定される。

【0028】次に、制御ユニット10はDC-DCコンバータの出力電圧を設定する（ステップS14）。バッテリー20を放電する場合、即ち、充放電電力 $E_b$ が負の時は、バッテリー20側を入力、インバータ60側を出力とし、出力電圧値を燃料電池40の出力電圧値に一致させる。バッテリー20を充電する場合、即ち、充放電電力 $E_b$ が正の時は、インバータ60側を入力、バッテリー20側を出力とする。出力電圧値は、バッテリー20の充電に適した所定値とする。この所定値は、一定値としてもよいし、充電される電力に応じて変動させてもよい。

【0029】制御ユニット10は、設定された出力電圧となるようDC-DCコンバータを制御し、併せて要求電力が同期モータ61に供給されるようインバータ60を制御する（ステップS16）。インバータ60のスイッチングに伴い、燃料電池40からはガス流量に応じた電力が出力される。また、バッテリー20からは燃料電池40から出力される電力とインバータ60で消費される電力との差分に応じた電力が充放電される。例えば、燃料電池40の出力に応答遅れがある場合には、要求電力 $E_{req}$ に満たない分がバッテリー20によって補償される。バッテリー20からの出力は、燃料電池40の出力が要求電力 $E_{req}$ に近づくに連れて徐々に低減する。上記制御により、高い応答性で電力を供給することができる。

【0030】車両補機50およびFC補機51には少なくともバッテリー20からの電力が保証されている。バッテリー20の充電時には、燃料電池40または同期モータ61からの電力をこれらの補機に供給してもよい。

【0031】C. 出力比の設定：上述の電力制御で説明した通り、本実施例では、燃料電池40を主電源として使用し、バッテリー20は燃料電池40の応答遅れを補償する補助的な電源として使用する。かかる前提での車両のエネルギー効率は、燃料電池40とバッテリー20の出力比によって変動する。本実施例では、高いエネルギー効

(5)

特開2002-118981

7

8

率を実現するため、システム設計時に、次に示す手順で出力比を設定した。

【0032】図4は燃料電池とバッテリーの出力比の設定方法を示す工程図である。まず、車両に搭載されるモータの最大出力を設定する（ステップS20）。車両の重量、目標とする最大車速、加速度などに基づいて設定することができる。次に、こうして設定された最大出力をモータの運転効率で除することにより、最大要求電力を設定する（ステップS22）。モータの出力に併せて、補機での消費電力を考慮してもよい。モータの能力を十分に活用するためには、燃料電池40およびバッテリー20の最大出力合計値は、この最大要求電力以上である必要がある。

【0033】一方、燃料電池40とバッテリー20の出力比の下限値、上限値を車両の走行状態を代表する所定の基準に基づいて設定する。出力比とは、「燃料電池の最大出力/バッテリーの最大出力」を意味する。例えば、下限値は連続走行性能に基づき設定することができる（ステップS24）。一例として、車両重量2000kg、モータ効率80%の車両を考える。4.5%勾配、120km/時での連続走行性能を目標値として設定すると、要求電力は約65kWと算出される。仮に最大要求電力が100kWであったとすれば、連続走行の要求電力を燃料電池40で出力するために必要となる出力比は0.65以上と設定される。

【0034】出力比の上限値は、バッテリーの回生能力に基づいて定めることができる（ステップS26）。車両のエネルギー効率を十分に高めるためには、制動時にモータ61で回生された電力をバッテリー20に充電することが望ましい。回生電力を充電できない程、バッテリー20の容量が小さい場合には、エネルギー効率の低下を招くことになる。例えば、車両重量2000kg、モータ効率80%の車両について、いわゆる10-15モードでの運転を行った場合、減速時の最大回生電力は、約20kWと算出される。仮に最大要求電力が100kWとすれば、この回生電力を充電するためにバッテリー20の容量は20kWが必要となるから、出力比の上限値は0.8と設定される。

【0035】出力比の下限値、上限値は、これらの運転状態に関わらず、車両の目標性能に応じて種々設定可能であることは言うまでもない。

【0036】次に、車両のエネルギー効率、上限値、下限値を考慮して出力比を設定する（ステップS28）。効率、例えば、次の方法で評価することができる。

【0037】図5は出力比と燃費比の関係を示す説明図である。車両重量2000kg、モータ効率80%の車両について、出力比を変化させた場合の燃費の変動をシミュレートした結果である。10-15モードでの結果（図中の実線）、およびLA4モードでの結果（図中の破線）を示した。LA4モードとは、米国において、燃

費算出基準として用いられる運転モードである。燃費比とは、各出力比での燃費を、最大燃費で正規化した値をいう。図示する通り、出力比が40%～80%の範囲で非常に燃費比が高くなることが分かる。

【0038】エネルギー効率が高くなる範囲で、先に説明した出力比の上限値80%、下限値65%を考慮すると、本実施例においては、出力比は65%～80%の範囲が適切である。出力比がこの範囲に入る条件、および最大出力の和が最大要求電力以上となる条件を満足するように燃料電池40およびバッテリー20の出力を設定する（ステップS30）。燃料電池40とバッテリー20の最大出力の和が最大要求電力と一致する設定が最も好ましい。

【0039】D. 効果：以上で説明した本実施例の電源システムによれば、DC-DCコンバータ30をバッテリー20側に備えることにより、燃費に優れる利点がある。図6は燃費向上効果を示す説明図である。破線は、図1の構成において、DC-DCコンバータの位置を燃料電池側に代えた場合の燃費を示している。実線は、本実施例の構成における燃費を示している。燃費は、前者の最大値で正規化して示した。図示する通り、DC-DCコンバータをバッテリー側に接続することにより、燃費は最大約5%向上する。その理由は、次の通りと考えられる。

【0040】DC-DCコンバータは、通常、電圧変換時の効率が約90～95%の範囲である。本実施例では、燃料電池を主電源として用いている。従って、DC-DCコンバータを燃料電池側に接続した場合には、電源システムから出力される大部分の電力について電圧変換による損失が生じる。これに対し本実施例のように、出力する電力量が比較的小さいバッテリー側にDC-DCコンバータを接続することにより、電圧変換による損失を抑制することができる。

【0041】電力量が比較的小さいバッテリー側にDC-DCコンバータを接続することにより、DC-DCコンバータの小型化、ひいては電源システム全体の小型化を図ることができる。

【0042】本実施例の電源システムでは、車両補機50およびFC補機51がバッテリー20とDC-DCコンバータ30の間に接続されている。この結果、DC-DCコンバータ30の故障時、および燃料電池40の発電不能時であっても、これらの補機への電力供給が保証されている。例えば、燃料電池40が未暖機で十分な発電を行うことができない状態にある場合を考える。本実施例では、バッテリー20からの電力によってFC補機51を駆動することができ、燃料電池40の暖機、始動を行うことができる。車両補機50についても、バッテリー20の容量内で動作を保證することができる。従って、本実施例によれば、電源システムおよび車両の信頼性を向上することができる。

(6)

特開2002-118981

9

10

【0043】本実施例によれば、燃料電池40とバッテリー20の出力比の最適化を図ることができ、高いエネルギー効率を実現することができる。出力比を、運転効率の他、下限値および上限値を規定する目標性能を考慮して設定することにより、性能とエネルギー効率の双方を満足するシステム設計を実現することができる。

【0044】以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を採ることができることはいまでもない。例えば、本発明は、車両のみならず種々の機器の電源システムに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例としての電源システムを搭載した車両の構成を示す説明図である。

【図2】走行時の電力制御処理のフローチャートである。

【図3】燃料電池40の出力特性を示す説明図である。

【図4】燃料電池とバッテリーの出力比の設定方法を示す\*

\*工程図である。

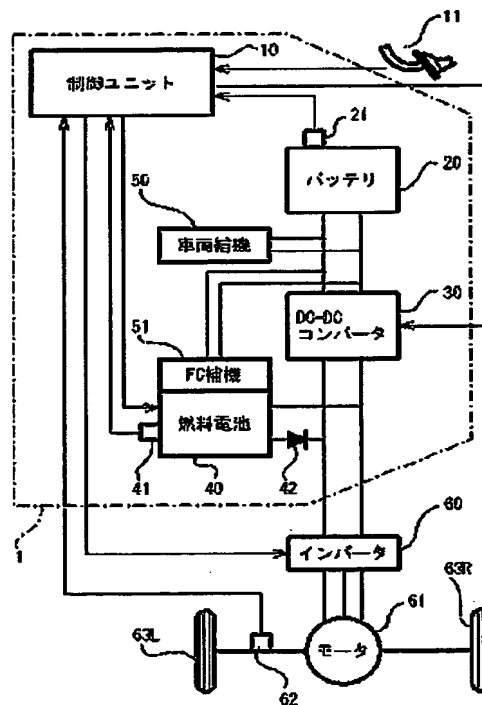
【図5】出力比と燃費比の関係を示す説明図である。

【図6】燃費向上効果を示す説明図である。

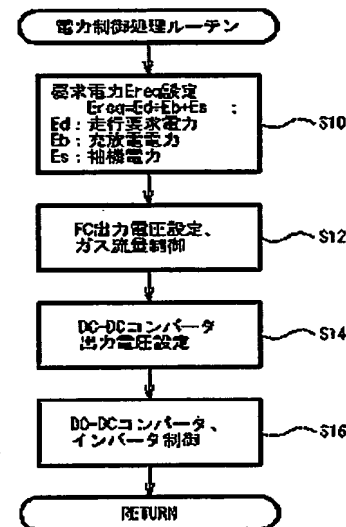
【符号の説明】

- 1…電源システム
- 10…制御ユニット
- 11…アクセルペダルセンサ
- 20…バッテリー
- 30…DC-DCコンバータ
- 40…燃料電池
- 41…流量センサ
- 42…ダイオード
- 50…車両給電
- 51…FC給電
- 60…インバータ
- 61…同期モータ
- 62…直速センサ
- 63L, 63R…直輪

【図1】



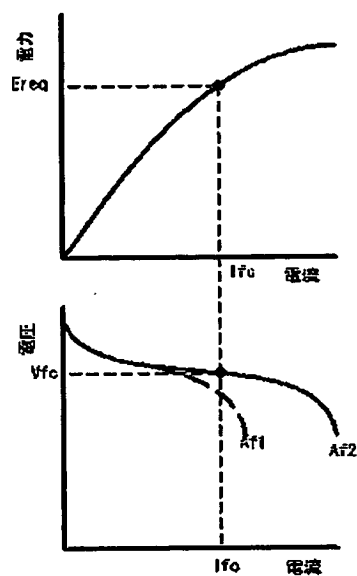
【図2】



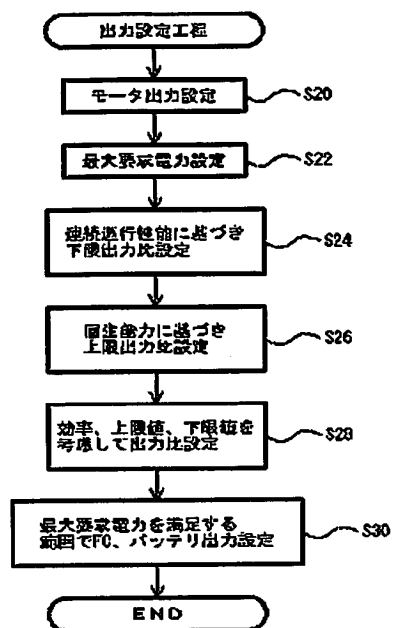
(7)

特開2002-118981

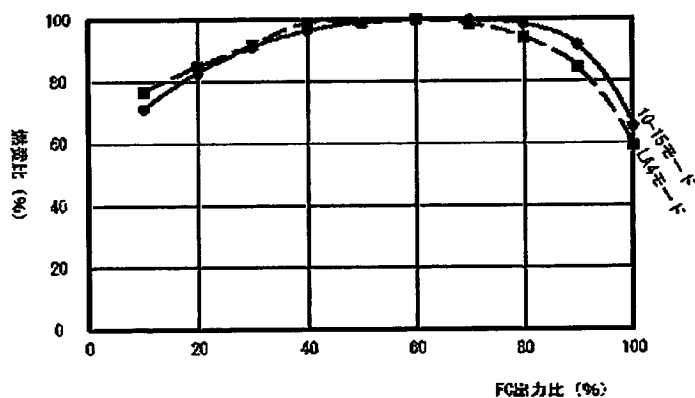
【図3】



【図4】



【図5】

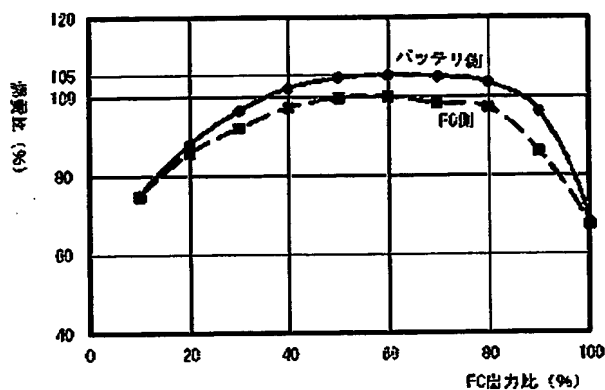




(8)

特開2002-118981

【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	識別記号	F i	タームコード (参考)
H 0 1 M	8/04	H 0 1 M	8/04 P
H 0 2 J	1/00	H 0 2 J	1/00 3 0 6 M
	1/10		1/10

(72)発明者 渡辺 修夫  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72)発明者 真鍋 晃太  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

F ターム (参考) 5G003 AA05 BA01 CA01 CA11 CC02  
DA16 FA06 GB03 GB06 GC05  
5G065 DA06 DA08 EA02 GA09 HA09  
HA16 HA20 LA03  
5H027 AA06 BA01 BA13 BA14 DD03  
KK54  
5H115 PA11 PC06 PG04 PI13 PI16  
PI18 PI29 PI30 PO02 PU10  
PV02 PV09 QA01 QA05 QA07  
QA10 QI04 QN03 QN27 RE21  
SE04 SE06 SE10 TB03 TI01  
TO21 TO30